

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **05-259671**

(43)Date of publication of application : **08.10.1993**

(51)Int.Cl.

H05K 7/20
B05D 1/32
B05D 7/00
B29C 67/16
// B29B 11/16
B29K105:16

(21)Application number : **05-001391**

(71)Applicant : **TOSHIBA CORP**

(22)Date of filing : **07.01.1993**

(72)Inventor : **SASAKI TOMIYA**

IWASAKI HIDEO

FUJIMORI YOSHINORI

MONMA JUN

SHIMOTORI KAZUMI

KUNO KATSUMI

SORI NAOYUKI

OU ROHIN

MIZUKAMI HIROSHI

KAWANO KOICHIRO

(30)Priority

Priority number : **04 866** Priority date : **07.01.1992** Priority country : **JP**

(54) **HEAT RADIATING SHEET AND MANUFACTURE THEREOF**

(57)Abstract:

Best Available Copy

PURPOSE: To obtain a heat radiating sheet and a method of effectively manufacturing the heat radiating sheet which ensures heat radiating characteristic (heat conductive characteristic) in the thickness direction thereof and close contactness for the part to be cooled.

CONSTITUTION: In a heat radiating sheet where a plurality of heat conductive fillers 3 are dispersed within a matrix resin 2, the heat conductive fillers 3 are oriented vertically or with an inclination within the matrix resin in the thickness direction of the heat radiating sheet 1 so that the heat conductive fillers 3 are provided through the heat radiating sheet 1 in the thickness direction thereof and botg ends thereof are exposed at the surfaces of the matrix resin 2. Moreover, it is recommended that a ratio of all sectional areas of heat conductive fillers 3 for the front surface of the heating radiating sheet 1 is set to 1% or less.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-259671

(43)公開日 平成5年(1993)10月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 K 7/20	F	8727-4E		
B 0 5 D 1/32	A	8720-4D		
7/00	H	8720-4D		
B 2 9 C 67/16		7188-4F		
// B 2 9 B 11/16		7722-4F		

審査請求 未請求 請求項の数13(全 11 頁) 最終頁に続く

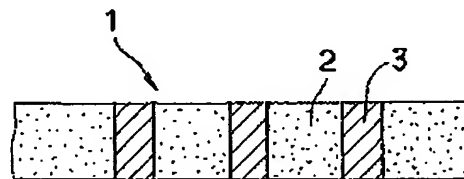
(21)出願番号	特願平5-1391	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22)出願日	平成5年(1993)1月7日	(72)発明者	佐々木 宮也 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
(31)優先権主張番号	特願平4-866	(72)発明者	岩崎 秀夫 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
(32)優先日	平4(1992)1月7日	(72)発明者	藤森 良経 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
(33)優先権主張国	日本 (J P)	(74)代理人	弁理士 波多野 久 (外1名) 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放熱シートおよびその製造方法

(57)【要約】

【目的】放熱シートの厚さ方向への放熱特性（熱伝導性）および被冷却部品に対する密着性が優れた放熱シートおよびその効率的な製造方法を提供する。

【構成】マトリックス樹脂2中に複数の熱伝導性フィラー3が分散した放熱シート1において、上記熱伝導性フィラー3が放熱シート1の厚さ方向を貫通するとともに、その両端面が上記マトリックス樹脂2の表面に露出するように、放熱シート1の厚さ方向に直立または傾斜して前記マトリックス樹脂中に配向したことを特徴とする。また放熱シート1の表面積に対する上記熱伝導性フィラー3の全断面積の比率を1%以上に設定するとよい。



(2)

特開平5-259671

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 マトリックス樹脂中に複数の熱伝導性フィラーが分散した放熱シートにおいて、上記熱伝導性フィラーが放熱シートの厚さ方向を貫通するとともに、その両端面が上記マトリックス樹脂の表面に露出するように、放熱シートの厚さ方向に直立または傾斜して前記マトリックス樹脂中に配向したことを特徴とする放熱シート。

【請求項2】 放熱シートの表面積に対する熱伝導性フィラーの全断面積の比率を1%以上としたことを特徴とする請求項1記載の放熱シート。

【請求項3】 熱伝導性フィラーは、放熱シートの厚さ方向に中心軸を偏位させて隣接する複数の柱状フィラー要素と、隣接する柱状フィラー要素を、放熱シートの平面方向に一体に結合する結合要素とから成ることを特徴とする請求項1記載の放熱シート。

【請求項4】 結合要素の厚さが柱状フィラー要素の高さの1/2以下であることを特徴とする請求項3記載の放熱シート。

【請求項5】 熱伝導性フィラーは、放熱シートの厚さ方向に複数のフィラー要素を連設して成り、隣接するフィラー要素の接触面において各フィラー要素が相互に移動自在となるように構成したことを特徴とする請求項1記載の放熱シート。

【請求項6】 隣接するフィラー要素の接触面を、放熱シートの平面方向に対して傾斜するように形成したことを特徴とする請求項5記載の放熱シート。

【請求項7】 隣接する各フィラー要素の接触面の断面形状を鋸歯状に形成したことを特徴とする請求項5記載の放熱シート。

【請求項8】 熱伝導性フィラーの両端面間の高さをマトリックス樹脂の厚さより小さく設定し、マトリックス樹脂表面と熱伝導性フィラーの端面との間に凹状の段差を形成したことを特徴とする請求項1記載の放熱シート。

【請求項9】 マトリックス樹脂表面に露出した熱伝導性フィラーの少なくとも一方の端面に、軟質金属から成るパンプを形成したことを特徴とする請求項1記載の放熱シート。

【請求項10】 マトリックス樹脂中に熱伝導性フィラーが分布している放熱シートの製造方法において、所定形状の熱伝導性フィラーを放熱シートの厚さ方向に直立または傾斜させて配設し、この熱伝導性フィラーの両端面をマスキング剤で被覆し、この被覆した両端面を除く熱伝導性フィラーの周囲にマトリックス樹脂をコーティングして成形体を調製し、しかる後に成形体からマスキング剤を除去し、得られた成形体を加熱しシート状に形成することを特徴とする放熱シートの製造方法。

【請求項11】 マトリックス樹脂中に熱伝導性フィラーが分布している放熱シートの製造方法において、多数

の熱伝導性フィラーをその長軸が平行となるように間隔を置いて配設し、この熱伝導性フィラーの周囲にマトリックス樹脂をコーティングしてブロック状の成形体を調製し、しかる後に上記熱伝導性フィラーの長軸に対して所定の切断角度で上記ブロック状成形体をシート状に切断し複数の放熱シートを調製することを特徴とする放熱シートの製造方法。

【請求項12】 切断角度を30°～90°に設定することを特徴とする請求項11記載の放熱シートの製造方法。

【請求項13】 熱伝導性フィラーの周囲にマトリックス樹脂をコーティングする前に、親油性基を有するコーティング剤を上記熱伝導性フィラー表面に塗布することを特徴とする請求項10または11記載の放熱シートの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は放熱シートおよびその製造方法に係り、特に放熱性および柔軟性に優れており、例えばトランジスタ、コンデンサ、LSIパッケージ等の電子機器部品に対する密着性が優れ、部品で発生する熱を効率的に系外に伝達し得る放熱シートおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】トランジスタ、コンデンサ、LSIパッケージ等の電子・電気部品は、動作時の発熱により寿命が短くなり、また信頼性も低下し易くなる。そのため、対策として、電子・電気部品と、この電子・電気部品に熱的に接続される放熱ファン等のヒートシンク（冷却手段）との間に熱伝導性および密着性が優れた放熱シートを介装し、この放熱シートを介して発熱を系外に放出する工夫がなされている。

【0003】上記の放熱シートは、一般にマトリックス樹脂中に熱伝導性フィラーを分散せしめてシート状に構成して製造されている。マトリックス樹脂としては、例えばシリコンゴムが用いられる一方、熱伝導性フィラーとしては、粒子状、板状、針状の形状を有する窒化ボロンなどが使用されている。

【0004】また放熱シートは上記のようなマトリックス樹脂および熱伝導性フィラーを使用し、大別して下記の3通りの製造方法によって製造されている。

【0005】第1の方法は、マトリックス樹脂（例えばシリコンゴム）と熱伝導性フィラー（例えば窒化ボロン）を配合し混合して原料混合体とし、この原料混合体を通常のゴム材料と同様にロール、カレンダー、押出し機等によりシート状に成形し、得られた成形体をプレスして加硫するという方法である。

【0006】第2の方法は、マトリックス樹脂（例えばシリコンゴム）と熱伝導性フィラー（例えば窒化ボロン）を混合し溶剤に希釈した後、ドクターブレード法に

(3)

特開平5-259671

3

従ってシート状に形成し、乾燥してプレスして加硫するという方法である。

【0007】第3の方法は、マトリックス樹脂（例えばシリコンゴム）100重量部に対して熱伝導性フィラー（例えば窒化ボロン）が200重量部以上配合されているという熱伝導性フィラー高充填配合物を用いる製法であって、上記原料をニーダ等の密閉式混練機に掛けて混合して粉末状ゴム材に形成し、これを所定のシート成形用金型に一定量充填しプレスして加硫するという方法である。

【0008】図20は上記従来の製造方法によって調製された放熱シートの構成を示す断面図である。すなわち従来の放熱シート10において、マトリックス樹脂11内に分布している熱伝導性フィラー12は、放熱シート10の平面方向（長さ方向）に沿って熱伝導性フィラー12の長軸が配向した状態で配合されている。

【0009】上記のような熱伝導性フィラー12の配向は、原料混合体がロール成形や押出し成形によって成形される際に圧延方向や押出し方向にフィラー12が整列するために生じる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記した従来製法によって調製された放熱シートにおいては、熱伝導性フィラー12が平面方向に配向し、隣接する熱伝導性フィラー12同士が相互に接触し、いわば熱伝導性フィラー12が放熱シート10の平面方向（長さ方向）に連続した状態に形成され易い。したがって、放熱シート10の平面方向には熱が伝導され易くなる一方、放熱シート10の厚さ方向には熱が伝導されにくい欠点があったため、厚さ方向の放熱特性を主として利用する放熱シートとしては性能が不十分となる問題点があった。

【0011】一方、セラミックスや金属などの硬質な材料を熱伝導性フィラーとして軟質な樹脂マトリックス中に多量に分布させた放熱シートにおいては、弾性率が増加して柔軟性が低下するため、被冷却部品に放熱シートを装着する場合に、被冷却部品表面の凹凸に沿うように放熱シート10が変形することが困難となる欠点もあった。したがって、被冷却部品表面に放熱シート10が十分に密着せず、伝熱抵抗が大きくなり、放熱特性が低下してしまう問題点もあった。

【0012】近年の電子・電気部品の目覚ましい発展に伴い、半導体素子を含む電子機器の高集積化、高速化および高出力化が進展し、発熱量も増大化しており、より放熱特性が優れた放熱シートが要求されている。

【0013】本発明は上記の問題点を解決するためになされたものであり、特に厚さ方向への放熱特性（熱伝導性）および被冷却部品に対する密着性が優れた放熱シートおよびその効率的な製造方法を提供することを目的とする。

【0014】

4

【課題を解決するための手段と作用】本発明者らは上記目的を達成するため、マトリックス樹脂に種々の熱伝導性フィラーを分布せしめ、その配向性および充填量が放熱特性に及ぼす影響を実験により確認した。その結果、特に熱伝導性フィラーを放熱シートの厚さ方向に貫通せしめ、熱伝導性フィラーの両端面をマトリックス樹脂表面に露出するように構成したときに、放熱特性に優れた放熱シートが得られた。本発明は上記知見に基づいて完成されたものである。

10 【0015】すなわち本発明に係る放熱シートは、マトリックス樹脂中に複数の熱伝導性フィラーが分散した放熱シートにおいて、上記熱伝導性フィラーが放熱シートの厚さ方向を貫通するとともに、その両端面が上記マトリックス樹脂の表面に露出するように、放熱シートの厚さ方向に直立または傾斜して前記マトリックス樹脂中に配向したことを特徴とする。

【0016】ここで上記マトリックス樹脂としてはシリコンゴム、ポリオレフィン系エラストマー等が使用される一方、熱伝導性フィラーとしては、窒化ボロン、窒化けい素、炭化けい素、BeO、C-BN、ダイヤモンド、HP-TCアルミナセラミックス等の熱伝導率が高く、電気絶縁性を有する材料を用いる。また熱伝導率が高く、導電性を有する金、銅、アルミニウム等の金属材料で形成することもできる。

【0017】なお放熱シートの厚さ方向に直立または傾斜して配向した多数の熱伝導性フィラーの長軸が全て一定方向に揃う必要はなく、種々の配向角度を有する熱伝導性フィラーが混在した配向組織でも構わない。

【0018】上記構成に係る放熱シートによれば、マトリックス樹脂中に配合する熱伝導性フィラーの両端面がマトリックス樹脂の表面に露出するように、放熱シートの厚さ方向に直立または傾斜して配向させているため、放熱シートの厚さ方向に熱伝導性が良好な連続した放熱経路が形成される。したがって、放熱シートの厚さ方向に効果的に熱を伝達することが可能であり、放熱シートを装着した電子・電気機器の冷却効率を大幅に改善することができる。

【0019】特に、熱伝導性フィラーをシートの厚さ方向に対して傾斜させるようにマトリックス樹脂中に配向することにより、直立して配向した場合と比較して放熱シートの厚さ方向の柔軟性および信頼性をより高めることが可能になり、被冷却部品から受ける応力の緩和作用が発揮される他、被冷却部品に対する放熱シートの密着性も向上する。

【0020】また、放熱シートの表面積に対する熱伝導性フィラーの全断面積の比率を1%以上に設定することにより、汎用の樹脂材のみからなる放熱シートと比較して放熱シート全体の熱伝導率を増大化させることができる。

50 【0021】なおマトリックス樹脂中に配向された全て

(4)

特開平5-259671

5

の熱伝導性フィラーがシートの厚さ方向を貫通する必要はなく、貫通した熱伝導性フィラーと貫通せずにシートの水平方向または傾斜した方向に配向した熱伝導性フィラーとが混在した配向組織でも構わない。しかしながら所定の高熱伝導率を達成するためには、貫通した熱伝導性フィラーの全断面積が放熱シートの表面積に対して1%以上となるように調整する必要がある。上記比率が1%未満の場合には放熱シートの熱伝導率の改善効果が少なく、また80%を超える比率で添加した場合には熱伝導率はさらに増大化するが、却って放熱シートの可撓性（柔軟性）が低下し、被冷却部品に対する密着性が低下するとともに、高価な熱伝導性フィラーの使用量が増加するため製造コストが上昇する。そのため上記比率は1~90%程度さらに好ましくは10~60%程度に設定することがより望ましい。特に熱伝導率が200W/m℃で直径が0.5mmのAlN結核体から成る熱伝導性フィラーを使用した場合において、上記比率を15%以上に設定した場合には、いずれも従来の放熱シートより10倍以上高い熱伝導率が得られる。また断面積が大きい熱伝導性フィラーを少数配置するよりも、断面積が小さい熱伝導性フィラーを数多く、マトリックス樹脂全面に均一に分布させることが好ましい。また断面積が小さく細い熱伝導性フィラーを用いることにより、放熱シートの柔軟性をより高めることができる。

【0022】さらに熱伝導性フィラーを放熱シートの厚さ方向に中心軸を偏位させて隣接する複数の柱状フィラー要素と、隣接する柱状フィラー要素を、放熱シートの平面方向に一体に結合する結合要素とから構成してもよい。

【0023】上記構成の放熱シートにおいて、厚さ方向に押圧力が作用した場合、熱伝導性フィラーが結合要素部分で容易に変形し、ある程度まで潰れることが可能なため、応力を回避し易くなると同時に被冷却部品の表面形状に合わせてシート全体が変形し易く、密着性が向上する。特に結合要素の厚さを柱状フィラー要素の高さの1/2以下にすることにより、結合要素部をより潰れ易くすることができ、放熱シート全体の弾力性および柔軟性が増し、被冷却部品に対する密着性をさらに改善することができる。

【0024】また熱伝導性フィラーが放熱シートの厚さ方向に複数のフィラー要素を連設して成り、隣接するフィラー要素の接触面において各フィラー要素が相互に移動自在となるように構成することにより、放熱シートに外部から応力が作用した場合においても各フィラー要素が接触面において厚さ方向および平面方向に独立して移動することが可能となり、1本の柱状に形成した熱伝導性フィラーを使用した場合と比較して、放熱シートに柔軟性を付与することができる。したがって電子・電気部品等の被冷却部品表面に凹凸が存在する場合にも、良好な密着性が保持され、長期間に亘って優れた放熱特性を

6

発揮することができる。

【0025】ここで上記各フィラー要素の接触面は、放熱シートの平面方向に平行となるように形成してもよいが、平面方向に対して傾斜するように形成したり、接触面の断面形状を鋸歯状に形成してもよい。上記のように接触面を形成することにより、隣接する各フィラー要素が外力によって相互に変位した場合においても、隣接する各フィラー要素同士の部分的な接触状態が保持され、放熱経路が喪失されるおそれが少ない。

10 【0026】また熱伝導性フィラーの両端面間の高さをマトリックス樹脂の厚さより小さく設定し、マトリックス樹脂表面と熱伝導性フィラーの端面との間に凹状の段差を形成することもできる。

【0027】上記の段差を形成した放熱シートによれば、マトリックス樹脂の表面に露出している熱伝導性フィラーの両端面に対して、軟質なマトリックス樹脂の表面がやや高くなる。したがって、表面に凹凸を有する被冷却部品に装着した場合においても、突出したマトリックス樹脂が被冷却部品表面の凹凸に沿って変形し、熱伝導性フィラーの端面およびマトリックス樹脂表面が共に被冷却部品表面に密着して効率的に熱を伝達することができる。

【0028】さらに、マトリックス樹脂表面に露出した熱伝導性フィラーの端面に、軟質金属から成る凸状のバンプを形成して構成することもできる。軟質金属としては、Bi-Pb、Bi-Pb-Sn、Bi-Sn-Cd、Bi-Sn-Zn、Bi-Cd、Pb-Snなどの融点が200℃以下の低融点金属を使用する。

【0029】上記のようなバンプを形成した放熱シートによれば、被冷却部品に放熱シートを圧着する際にバンプが圧潰され半導体素子や放熱フィン表面の凹凸に沿って変形し、両部材間の密着度を増すため、伝熱抵抗を大幅に低減することができる。

【0030】また、本発明に係る放熱シートの製造方法は、マトリックス樹脂中に熱伝導性フィラーが分布している放熱シートの製造方法において、所定形状の熱伝導性フィラーを放熱シートの厚さ方向に直立または傾斜させて配設し、この熱伝導性フィラーの両端面をマスキング剤で被覆し、この被覆した両端面を除く熱伝導性フィラーの周囲にマトリックス樹脂をコーティングして成形体を調製し、しかる後に成形体からマスキング剤を除去し、得られた成形体を加熱しシート状に形成することを特徴とする。ここで上記マスキング剤としてはパラフィンやスチレンゴム等を使用する。

【0031】またマトリックス樹脂中に熱伝導性フィラーが分布している放熱シートの製造方法において、多数の熱伝導性フィラーをその長軸が平行となるように間隔を置いて配設し、この熱伝導性フィラーの周囲にマトリックス樹脂をコーティングしてブロック状の成形体を調製し、しかる後に上記熱伝導性フィラーの長軸に対して

50

(5)

特開平5-259671

7

8

所定の切断角度で上記ブロック状成形体をシート状に切断し複数の放熱シートを調製してもよい。

【0032】上記製造方法において、熱伝導性フィラーの長軸に対して90度の切断角度でブロック状成形体を切断（スライス）することにより、熱伝導性フィラーが厚さ方向に直立した放熱シートを製造することができる。一方、上記切断角度を鋭角に設定することにより、熱伝導性フィラーが厚さ方向に対して傾斜し、弾力性に優れた放熱シートを製造することができる。なお、上記切断角度が30度未満になると、熱伝導性フィラーによる伝熱経路が長くなり、放熱シートの冷却性能が低下してしまう。したがって、切断角度は30〜90度に設定するとよい。特に熱伝導性フィラーを厚さ方向から傾斜させて軟弾性に優れた放熱シートとするためには、上記切断角度を30〜60度に設定する。

【0033】さらに上記製造方法において、熱伝導性フィラーの周囲にマトリックス樹脂をコーティングする前に、親油性基を有するコーティング剤を上記熱伝導性フィラー表面に塗布することにより、マトリックス樹脂と熱伝導性フィラーとの濡れ性が改善され、放熱シート全体に対する熱伝導性フィラーの含有量を、両者の接合強度を低下させることなく増加させることができ、所定の高熱伝導率を有する放熱シートを任意に調製することができる。

【0034】

【実施例】次に本発明の実施例について添付図面を参照してより具体的に説明する。

【0035】実施例1

図1は本発明に係る放熱シートの第1実施例を示す断面図であり、図2は図1に示す放熱シートの斜視図である。

【0036】すなわち第1実施例に係る放熱シート1は、マトリックス樹脂2中に複数の熱伝導性フィラー3が分散した放熱シート1において、上記熱伝導性フィラー3が放熱シート1の厚さ方向を貫通するとともに、その両端面が上記マトリックス樹脂2の表面に露出するように、放熱シート1の厚さ方向に直立して前記マトリックス樹脂2中に配向して構成される。

【0037】マトリックス樹脂2としては、シリコーンゴム、ポリオレフィン系エラストマー等を使用した。また熱伝導性フィラー3としては、熱伝導率が200W/m・Kと高く、かつ絶縁性を有する窒化アルミニウム焼結体で作成し、図3に示すように直径が0.5mm、高さが0.5mmである円柱状に形成した。この熱伝導性フィラー3は、放熱シート1の厚さ方向に直立しており、その両端面はマトリックス樹脂2の表面に露出している。

【0038】また放熱シート1の表面積に対する熱伝導性フィラー3の全断面積の比率を0.1〜90%の範囲に設定し、所定量の熱伝導性フィラー3をマトリックス樹脂中に配合した。また上記窒化アルミニウム製の熱伝

導性フィラー3は、熱伝導率を向上させるために焼結されている。

【0039】なお上記放熱シート1の成形材料には、上記したマトリックス樹脂2と熱伝導性フィラー3以外に、必要に応じて硬化剤、加工助剤等の添加剤を適宜配合してもよい。

【0040】次に、上記の放熱シート1の製造方法について説明する。まず、熱伝導性フィラー3を所定の大きさの円柱（例えば上記したように直径が0.5mm、高さが0.5mm）に焼結した。この熱伝導性フィラー3は、窒化アルミニウム原料粉末に焼結助剤として例えば酸化イットリウムを3wt%添加した原料混合体を成形し、得られた成形体を窒化雰囲気中で1800℃にて焼成して得られた熱伝導率200W/m℃程度の焼結体で形成した。

【0041】そして、この熱伝導性フィラー3の表面に親油性の強い基を有する界面活性剤（例えばアミド系の界面活性剤）等のコーティング剤を塗布した。このように、コーティング剤を熱伝導性フィラー3の表面に塗布することによって、マトリックス樹脂2と熱伝導性フィラー3との濡れ性が改善されて、放熱シート1全体中の熱伝導性フィラー3の量を増大させ、所定の熱伝導率を提供することが可能となる。

【0042】そして、円柱状に形成された熱伝導性フィラー3を、シート厚さ方向に直立させてその両端面にパラフィン塗布してマスキングを行なった後、熱伝導性フィラー3の周囲にマトリックス樹脂2を適当な厚みでコーティングする。マトリックス樹脂2をコーティングした後に、円柱状の熱伝導性フィラー3の両端面に塗布したマスキング剤を取り除いた。

【0043】そして、直立している円柱状の熱伝導性フィラー3をその両端面が露出するようにしてコーティングしたマトリックス樹脂2を、金型に垂直に配置した。すなわちシートの厚さ方向両端に熱伝導性フィラー3のマスキングした両端面がくるように配列し、加熱、プレスすることにより本発明に係る放熱シート1を製造することができる。

【0044】このようにして得られた第1実施例に係る放熱シート1は、図1に示すように、マトリックス樹脂2中に、円柱状の熱伝導性フィラー3が放熱シート1の厚さ方向（上下方向）に配向分布し、熱伝導性フィラー3の両端面がマトリックス樹脂2の表面に露出し厚さ方向に連続した放熱経路が形成されているため、熱は放熱シート1の厚さ方向に効果的に伝導される。

【0045】図4は、第1実施例に係る放熱シート1におけるマトリックス樹脂の熱伝導率に対する放熱シート1の熱伝導率の比と、放熱シート1の表面積に対する熱伝導性フィラー3の全断面積の比率との関係を示す測定データであり、この測定結果から明かなように、放熱シート1の表面積に対する熱伝導性フィラー3の全断面積

(6)

特開平5-259671

9

の比率が1%以上であれば、マトリックス樹脂のみで形成した放熱シートの熱伝導率より高い熱伝導率が得られた。特に上記比率を15%以上に設定することにより、従来の汎用の放熱シートの10倍以上の高い熱伝導率を有する放熱シートが得られた。しかしながら上記比率が80%を超えると放熱シートの柔軟性が低下し、被冷却部品に対する密着性が低下し実用化は困難であることが判明した。また熱伝導性と密着性とを共に満足する上記比率の範囲は15~60%であることが確認された。

【0046】このように、本発明に係る放熱シート1を、LSIパッケージ等の電子・電気部品と放熱ファン等のヒートシンク（冷却手段）の間に挟むことにより、電子・電気部品で発生する熱は、放熱シート1の厚さ方向に効率的に伝達され、ヒートシンクで効率よく冷却することができる。

【0047】次に本発明に係る放熱シートの第2実施例について図5を参照して説明する。すなわち第2実施例に係る放熱シート1aは、熱伝導性フィラー3aの両端面間の高さhをマトリックス樹脂2aの厚さHより小さく設定し、マトリックス樹脂2a表面と熱伝導性フィラー3aの端面との間に凹状の段差4を形成した以外は第1実施例の放熱シート1と同様な構成である。すなわちマトリックス樹脂2aの表面に露出している熱伝導性フィラー3aの両端面に対して、マトリックス樹脂2aの表面の方がやや高くなるようにして製造されている。したがって、表面に凹凸を有する被冷却部品の粗い表面に放熱シート1aを装着した場合においても、マトリックス樹脂2aの突出した表面部が部品の凹凸に沿って自在に変形する。そして変形が完了した段階で段差4はなくなるため、熱伝導性フィラー3aの端面およびマトリックス樹脂2aの表面が共に電子・電気部品等の被冷却部品表面に良好に密着して熱を効率的に伝達することができる。

【0048】次に本発明の第3実施例について図6を参照して説明する。図6は第3実施例に係る放熱シート1bを示す断面図であり、放熱シート1b内に配合される熱伝導性フィラー3bの配向状態を示す図である。

【0049】すなわち第3実施例に係る放熱シート1bは、第1実施例において使用したものと同一な窒化アルミニウム製の円柱状の熱伝導性フィラー3bを、シート2bの平面方向に対して所定の角度 θ だけ傾斜させてマトリックス樹脂2b中に配向して構成される。この場合にも熱伝導性フィラー3bはシート2bの厚さ方向を貫通し、その両端面がマトリックス樹脂2bの表面に露出している。

【0050】この第3実施例に係る放熱シート1bは、前記した第1実施例の場合と同様な製造方法によって製造することができる。但し第3実施例においては、熱伝導性フィラー3bを、シート2bの厚さ方向に対してやや傾斜させた状態で予め配置し、しかる後に各熱伝導性フィ

10

ラー3bの周囲にマトリックス樹脂2bをコーティングする点が第1実施例の場合とは異なる。

【0051】また上記した製造方法とは別に、大型のマトリックス樹脂体内に長尺な熱伝導性フィラーを所定方向に予め配向せしめた大型のブロック状成形体を形成し、そのブロック状成形体をシート状に切断（スライス）する際の角度を変えることにより熱伝導性フィラーが任意の角度で傾斜した放熱シートを効率的に生産することもできる。以下に図7を参照して上記製造方法を具体的に説明する。

【0052】図7は上記のブロック状成形体5を、ロータリーカッターなどの切断用砥石6で薄く切断する状態を示す斜視図である。

【0053】まず、窒化アルミニウム原料粉末に結着助剤としての酸化イットリウムを3重量%添加して調製した原料混合体を円柱フィラー状に成形し、得られた成形体を窒素ガス雰囲気中で温度1800℃で焼成して、直径が0.5mm、長さが100mm程度の円柱状の熱伝導性フィラー3cを調製した。この熱伝導性フィラー3cは最終的に形成する放熱シート1cの厚さの数100倍に達する長尺なものであり、その熱伝導率は2000W/m・Kであった。

【0054】次にこの熱伝導性フィラー3cに対するマトリックス樹脂2cの濡れ性を改善するために親油性基を有するアミド系の界面活性剤から成るコーティング剤を熱伝導性フィラー3cの表面に塗布した。しかる後に上記長尺円柱状の熱伝導性フィラー3cを、その長軸方向を揃えてマトリックス樹脂2c中に多数配置して図7に示すような大型のブロック状成形体5を形成した。

【0055】そして得られたブロック状成形体5を、例えばロータリーカッターなどの切断砥石6を使用して0.5mm程度の厚さで順次薄く切断することにより、熱伝導性フィラー3cがマトリックス樹脂2cを貫通し両端面がマトリックス樹脂2cの表面（切断面）において露出した複数枚の放熱シート素材が形成される。この放熱シート素材の表面に露出した熱伝導性フィラー3cの端面をマスキングした後に、この放熱シート素材を成形用金型内に垂直に（すなわち厚さ方向に熱伝導性フィラー3cのマスキングした両端面が位置するように）配置し、加熱しながらプレスすることにより各実施例に係る放熱シート1、1cが形成される。

【0056】そして上記切断操作において、熱伝導性フィラー3cの長軸に対する切断角度 θ を90度（すなわち長軸に対して直角）に設定して切断することにより、図1に示すように熱伝導性フィラー3が放熱シート1の厚さ方向に直立するようにマトリックス樹脂2中に配向した第1実施例に係る放熱シート1が効率的に製造できる。

【0057】一方、熱伝導性フィラー3cの長軸に対する切断角度 θ を30~60度程度の鋭角に設定して切断

11

することにより、図6に示すような熱伝導性フィラー3bが放熱シート1bの厚さ方向に対して傾斜するようにマトリックス樹脂2中に配向した第3実施例に係る放熱シート1bが製造される。

【0058】このようにして製造された第3実施例に係る放熱シート1bによれば、第1実施例に係る放熱シート1の効果に加えて下記のような効果がある。すなわち熱伝導性フィラー3bをシートの厚さ方向に対して傾斜させるようにマトリックス樹脂2中に配向しているため、第1実施例のように直立して配向した場合と比較して放熱シート1bの厚さ方向の柔軟性をより高めることが可能になり、被冷却部品から受ける応力の緩和作用が発揮される他、被冷却部品に対する放熱シート1bの密着性も向上する。

【0059】また、図6に示すようにマトリックス樹脂2bの表面に露出している熱伝導性フィラー3bの両端面を、マトリックス樹脂2bの表面とほぼ同一平面状になるようにして設置することにより、被冷却部品との接触面を大きくすることができるので、シート厚さ方向の熱伝導性と弾力性とがさらに向上する。

【0060】以上説明した第1～第3実施例においては、中心軸がほぼ直線状で断面が円形である円柱状の熱伝導性フィラー1、1a、1bを使用した例で示しているが、本発明では上記形状に限定されず、例えば断面が楕円または多角形である柱状の熱伝導性フィラーを使用することもでき、また後述の実施例で説明するように中心軸が実質的に屈曲した形状の熱伝導性フィラーを使用することにより、さらに弾力性に優れた放熱シートが得られる。

【0061】次に本発明の第4実施例について図8～図10を参照して説明する。すなわち第4実施例に係る放熱シート1dはマトリックス樹脂2d中に複数の熱伝導性フィラー3dが分散した放熱シート1dにおいて、上記熱伝導性フィラー3dが放熱シート1dの厚さ方向を貫通するとともに、その両端面が上記マトリックス樹脂2dの表面に露出するように、放熱シート1dの厚さ方向に配向しており、上記熱伝導性フィラー3dは、放熱シート1dの厚さ方向に中心軸を偏位させて隣接する複数の柱状フィラー要素7と、隣接する柱状フィラー要素7を、放熱シート3dの平面方向に一体に結合する結合要素8とから構成されている。また各結合要素8の厚さTが柱状フィラー要素7の高さHの1/2以下に設定されている。

【0062】上記熱伝導性フィラー3dは、図8～図9に示すように厚さ1mmの結合要素8の表裏に、直径5mmで高さ5mmの円柱状の柱状フィラー9要素7、7を互い違いになるように一体に結合されてなり、いずれの要素7、8も熱伝導率が高く、かつ電子絶縁性に優れた窒化アルミニウム焼結体で一体に形成されている。また各熱伝導性フィラー3dのフィラー要素7、7は、放熱シ

(7)

特開平5-259671

12

ート1dの厚さ方向にほぼ直立しており、その両端面はマトリックス樹脂2dの表面に露出している。

【0063】さらに、熱伝導性フィラー3dは、放熱シート1dの表面積に対して熱伝導性フィラー3dの全断面面積の比率が例えば15%以上になるようにしてマトリックス樹脂2d中に配合されている。また、窒化アルミニウムで形成されている熱伝導性フィラー3dは、高い熱伝導率を得るために、予め焼結助剤とともに焼結されている。

【0064】上記第4実施例に係る放熱シート1dは、以下に示す製造方法によって製造される。すなわち、まず熱伝導性フィラー3dとなる窒化アルミニウム原料粉末に焼結助剤として3wt%イットリアを添加した後、例えば直径6mm、高さが6mm程度の円柱状のフィラー要素に成形し、それらの間に厚さ2mm程度の窒化アルミニウムグリーンシートを所定の大きさに切断し結合要素成形体を階段状になるように張り合わせる。その後、この成形体を、窒素雰囲気中1800℃にて焼成し、熱伝導率200W/m・Kの熱伝導性フィラー3dとした。

【0065】次に図10に示すように、熱伝導性フィラー3dにおける柱状フィラー要素7が結合した結合要素8の反対側の面に、上記柱状フィラー要素7と略同一寸法のマトリックス樹脂片9を接着した。このマトリックス樹脂片9を接着することにより、シート成形時に熱伝導性フィラー3dを平面上に配列した場合においても、転倒することがなく所定の配向位置を保持することができる。

【0066】次に親油性基を有するカップリング剤などの界面活性剤から成るコーティング剤を上記熱伝導性フィラー3dの全表面に塗布した。このように、コーティング剤を熱伝導性フィラー3dの表面に塗布することによって、マトリックス樹脂2dと熱伝導性フィラー3dとの濡れ性が改善されて、放熱シート1d全体中の熱伝導性フィラー3dの量を増大させ、所定の高熱伝導率を確保することが可能となる。

【0067】次に一対の柱状フィラー要素7、7を結合要素8、8によって水平方向に階段状に接続した上記熱伝導性フィラー3dを、厚さ方向に直立させて、マトリックス樹脂2dの表面に露出される両端面にマスキングを行なった後、熱伝導性フィラー3dの周囲にマトリックス樹脂2dをコーティングした。マトリックス樹脂2dをコーティングした後は、熱伝導性フィラー3dのマトリックス樹脂2dの表面に露出される両端面のマスキング剤を除去した。

【0068】そして、ほぼ直立している熱伝導性フィラー3dをその両端面が露出するようにしてコーティングしたマトリックス樹脂2dを、厚さ方向に熱伝導性フィラー3dのマスキングした両端面が位置するように成形用金型内に配列し、加熱、プレスすることにより第4実

(8)

特開平5-259671

13

施例に係る放熱シート1dを製造した。

【0069】上記のようにして製造された第4実施例に係る放熱シート1dは、図8に示すように一対のフィラー要素7、7が結合要素8によって水平方向に結合された階段状の熱伝導性フィラー3dを使用しており、その両端面がマトリックス樹脂2dの表面に露出しているため、放熱シート1dの表面に亘って熱伝導率が高い連続した放熱経路が形成される。したがって他の実施例同様に放熱シート1dの厚さ方向の熱伝導性が優れ、被冷却部品において発生した熱を効率的に伝達することができる。

【0070】また第4実施例に係る放熱シート1dにおいては、一対の柱状フィラー要素7、7が結合要素8を介して水平方向に結合された階段状の熱伝導性フィラー3dを使用しているため、厚さ方向に圧力が作用した場合においても、熱伝導性フィラーが結合要素8部分で容易に変形し、ある程度まで挽むことが可能なため、応力を回避し易くなると同時に被冷却部品の表面形状(凹凸)に合わせて変形し易く、密着性が向上する。特に結合要素8の厚さTを柱状フィラー要素7の高さHの1/2以下にすることにより、結合要素8部をより挽み易くすることができ、放熱シート1d全体の弾力性が増し、被冷却部品に対する密着性をさらに改善することができる。

【0071】なお前記第1～3実施例と同様に、上記第4実施例の場合においても、放熱シート1dの表面積に対する熱伝導性フィラー3dの全断面積の比率が15%以上であれば、階段状に熱伝導性フィラー3dを形成した場合でも従来の樹脂のみから成る放熱シートと比較して10倍以上の高い熱伝導率が得られた。

【0072】次に本発明の第5実施例について、図11～図12を参照して説明する。図11に示す放熱シート1eは、マトリックス樹脂2e中に分布させる各熱伝導性フィラーが、放熱シート1eの厚さ方向に2個のフィラー要素13、14を連結して成り、軸方向に隣接するフィラー要素13、14の接触面15において各フィラー要素13、14が相互に移動自在となるように構成し、隣接するフィラー要素13、14の接触面15を、放熱シート1eの平面方向に対して傾斜するように形成したことを特徴とし、上記以外の構成要素の態様は第1実施例に係る放熱シート1と同一である。

【0073】本実施例の放熱シート1eによれば、第1実施例と同様に熱伝導性フィラー3eが厚さ方向に貫通し、その両端面がマトリックス樹脂2e表面に露出しているため、厚さ方向に連続して放熱経路が形成されるため、放熱特性が優れている。

【0074】特に軸方向に隣接するフィラー要素13、14間に両者が相互に移動できる傾斜した接触面15を形成しているため、放熱シート1eに弾力性を付与することができ、密着性が優れる。すなわち、図12に示す

14

ように、放熱シート1eに水平方向および厚さ方向から外力Fが作用した場合においても、各フィラー要素13、14が接触面15において部分的な接触状態を保持しながら、厚さ方向および平面方向に自在に移動することが可能となり、1本の単体から成る熱伝導性フィラーを使用した場合と比較して、放熱シート1eに弾力性を付与することができる。したがって、被冷却部品表面に凹凸が存在する場合にも、良好な密着性が保持され、長期間に亘って安定した放熱特性を発揮することができる。

【0075】次に本発明の第6実施例について図13～図15を参照して説明する。図13に示す放熱シート1fは、軸方向に隣接するフィラー要素13a、14aの接触面15aの断面形状を、図14に示すように鋸歯状に形成した点において第5実施例とは異なり、他の構成要素は同一である。ここで上記接触面(界面)15aは、図14に拡大して示すように、対向する一対のフィラー要素13a、14aの端面からある程度の空間的裕度をもって遊嵌する形状に形成される。

【0076】図13に示すように、放熱シート1fに厚さ方向に圧縮するような外力Fが作用した場合には、対向するフィラー要素13a、14aは接触面において密着している。一方、図15に示すように、放熱シート1fに平面方向に外力Fが作用した場合には、対向するフィラー要素13a、14aが平面方向に相互にずれることによって、応力の発生を抑止する。このときずれて移動する距離は鋸歯状に形成した接触面15aの凸部の引っ掛かりによって規制されるため、過大な変位は起こらない。また引っ掛かり部分において部分的に接触状態が保持されるため、放熱経路が完全に遮断されるおそれも小さい。

【0077】一方図11に示すように接触面15を傾斜して形成した熱伝導性フィラー3eを配合した第5実施例の放熱シート1eでは、対向するフィラー要素13、14同士の引っ掛かりが少ないため、外力が作用した場合の変位量が過大になる場合があるが、対向するフィラー要素13、14が大きく変位した場合においても、部分的に接触状態が保持され放熱経路が完全に遮断されることは少ない。

【0078】次に本発明の第7実施例について図16～図19を参照して説明する。図16および図17はそれぞれ第7実施例に係る放熱シート1gの構成を示す斜視図および断面図である。本実施例の放熱シート1gは、マトリックス樹脂2gとしてのポリイミド製フレキシブルフィルムの厚さ方向に貫通するようにA1N窒化体製の熱伝導性フィラー3gを配設するとともに、上記マトリックス樹脂2g表面に露出した熱伝導性フィラー3gの両端面に、Pb-Sn軟質金属から成る半球状のバンブ16を形成して構成される。

【0079】上記軟質金属から成る半球状のバンブ16

15

は放熱シート1gと被冷却部品とを強固に接合する接着剤としての機能と、接合部における両者の密着度を高める熱伝導を促進する機能とを有する。この熱伝導用および接着用バンブ16は、従来の回路基板上において回路素子間を電気的に接続する信号用バンブと同時に、スクリーン印刷法等によって形成することが可能である。

【0080】上記構成に係る放熱シート1gを、図18に示すように半導体素子17を搭載したLSIパッケージ18等の被冷却部品と放熱フィン19等のヒートシンク(冷却手段)との間に挟み込み圧着すると、図19に示すように軟質金属製のバンブ16はそれぞれ半導体素子17および放熱フィン19表面の凹凸に馴染むように潰れる。その結果、両部材間の密着度が高まり、熱抵抗が大幅に低減でき、半導体素子17において発生した熱は、矢印で示すように放熱シート1gの金属バンブ16および熱伝導性フィラー3gを経由して放熱シート1gの厚さ方向に迅速に伝達され、放熱フィン19で効率的に放散される。

【0081】なお上記第7実施例においては、半球状のバンブ16を形成した例で示しているが、バンブの形状は半球状には限定されず、高熱伝導性フィラーの端面形状に応じて円板状、正方形状または矩形状に形成した場合においても同様に密着性の改善効果が得られる。

【0082】以上説明した各実施例においては、いずれも電気絶縁性を有する窒化アルミニウム焼結体で高熱伝導性フィラー3〜3gを形成した放熱シート1〜1gを示しているが、この他にも窒化ボロン、窒化アルミニウム、アルミナセラミック等の熱伝導率が高く、電気絶縁性を有する部材でフィラーを形成した場合においても同様な効果が確認された。また、熱伝導率が高く導電性を有する金、銅、アルミニウムなどの金属部材で熱伝導性フィラーを形成することにより、導電性を有し、かつシートの厚さ方向の熱伝導率が高い放熱シートを製造することもできた。

【0083】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る放熱シートによれば、マトリックス樹脂中に配合する熱伝導性フィラーの両端面がマトリックス樹脂の表面に露出するように、放熱シートの厚さ方向に直立または傾斜して配向させているため、放熱シートの厚さ方向に熱伝導性が良好な連続した放熱経路が形成される。したがって、放熱シートの厚さ方向に効果的に熱を伝達することが可能であり、放熱シートを装着した電子・電気機器の冷却効率を大幅に改善することができる。

【0084】特に、熱伝導性フィラーをシートの厚さ方向に対して傾斜させるようにマトリックス樹脂中に配向することにより、直立して配向した場合と比較して放熱シートの厚さ方向の弾力性をより高めることが可能になり、被冷却部品から受ける応力の緩和作用が発揮される他、被冷却部品に対する放熱シートの密着性も向上す

(9)

特開平5-259671

16

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る放熱シートの第1実施例を示す断面図。

【図2】図1に示す放熱シートの斜視図。

【図3】図1に示す放熱シートに使用される熱伝導性フィラーの形状例を示す斜視図。

【図4】放熱シートの表面積に対する熱伝導性フィラーの全断面積とマトリックス樹脂の熱伝導率に対する放熱シートの熱伝導率の比との関係を示すグラフ。

【図5】本発明に係る放熱シートの第2実施例を示す断面図。

【図6】本発明に係る放熱シートの第3実施例を示す断面図。

【図7】本発明に係る放熱シートの製造方法の一実施例を示す斜視図。

【図8】本発明に係る放熱シートの第4実施例を示す断面図。

【図9】第4実施例で使用した熱伝導性フィラーの形状を示す斜視図。

【図10】図9に示す熱伝導性フィラーに部分的にマトリックス樹脂片を接着した状態を示す斜視図。

【図11】本発明に係る放熱シートの第5実施例を示す断面図。

【図12】図11に示す放熱シートに外力が作用した状態を示す断面図。

【図13】本発明に係る放熱シートの第6実施例を示す断面図。

【図14】図13に示す熱伝導性フィラーの接触面の形状例を示す拡大断面図。

【図15】図13に示す放熱シートに外力が作用した状態を示す断面図。

【図16】本発明に係る放熱シートの第7実施例を示す断面図。

【図17】図16におけるXVII-XVII矢視断面図。

【図18】図16に示す放熱シートを介して冷却フィンを接合する状態を示す断面図。

【図19】図16に示す放熱シートを介装した半導体素子と冷却フィンとの接合部を拡大して示す断面図。

【図20】従来の放熱シートの構成例を示す断面図。

【符号の説明】

- 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1g 放熱シート
- 2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g マトリックス樹脂
- 3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g 熱伝導性フィラー
- 4 段差
- 5 ブロック状成形体
- 6 切断砥石

(10)

特開平5-259671

17

18

7 柱状フィラー要素

8 結合要素

9 マトリックス樹脂片

10 放熱シート

11 熱伝導性フィラー

12 マトリックス樹脂

13, 13a フィラー要素

* 14, 14a フィラー要素

15, 15a 接触面

16 パンプ

17 半導体素子

19 LSIパッケージ

19 放熱フィン

* θ 切断角度(傾斜角度)

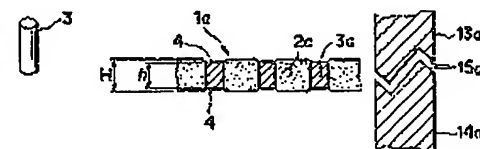
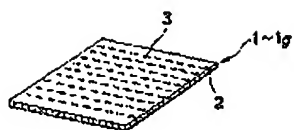
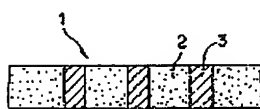
【図1】

【図2】

【図3】

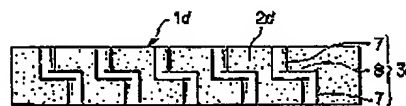
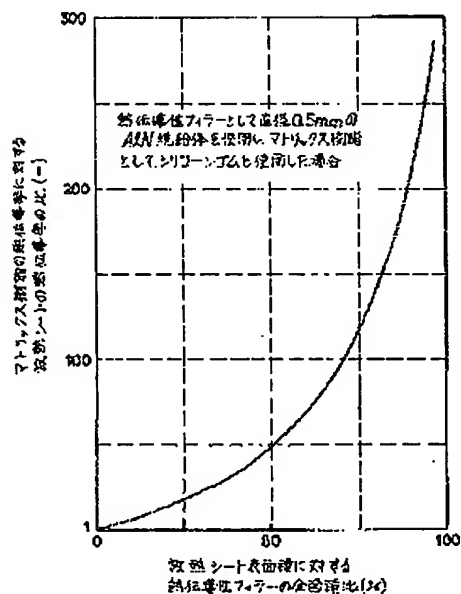
【図5】

【図14】



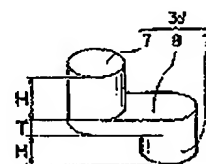
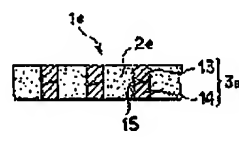
【図4】

【図8】



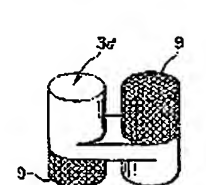
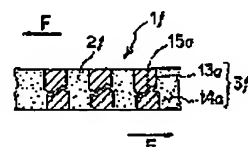
【図11】

【図9】



【図15】

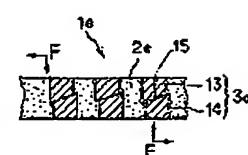
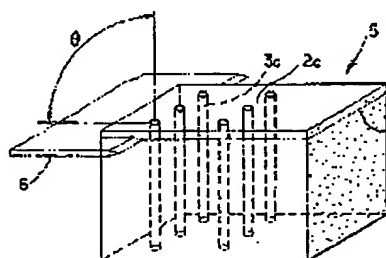
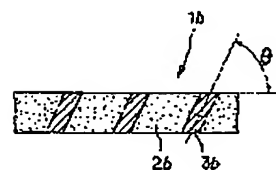
【図10】



【図6】

【図7】

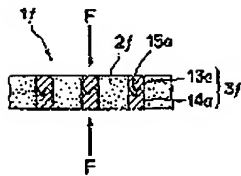
【図12】



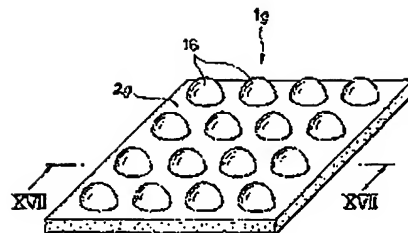
(11)

特開平5-259671

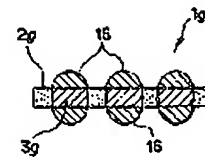
【図13】



【図16】



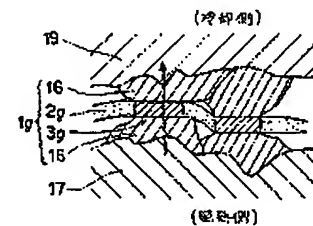
【図17】



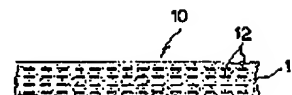
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.

B 2 9 K 105:15

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

(72)発明者 門馬 旬

神奈川県横浜市鶴見区末広町2の4 株式
会社京芝京浜事業所内

(72)発明者 稲島 一三

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社京芝横浜事業所内

(72)発明者 久野 勝美

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社京芝研究開発センター内

(72)発明者 藤原 尚行

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社京芝横浜事業所内

(72)発明者 王 魯濱

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社京芝研究開発センター内

(72)発明者 水上 裕

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社京芝研究開発センター内

(72)発明者 川野 浩一郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社京芝研究開発センター内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.